

УДК 66.099

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ГРАНУЛ У ВИХРОВИХ ГРАНУЛЯТОРАХ

Артюхов А.Є., канд. техн. наук, доцент,
Фурса О.С., студент,
Москаленко К.В., студент,
Покотило В.М., провідний фахівець
Сумський державний університет, м. Суми

Наведено актуальність застосування вихрових апаратів в технології одержання гранульованих продуктів. Обґрунтовано можливість проведення процесів сепарації та класифікації під час проведення гранулювання у вихровому газовому потоці. Представлена експериментальна база для проведення досліджень, особливості конструкції газорозподільних пристроїв. Описано основні закономірності руху гранул у вихровому газовому потоці.

The relevance of the vortex devices usage in technologies for granulated products producing is shown. The possibility of separation and classification processes conducting during granulation in a vortex gas flow is determined. The experimental base for research, features of gas distribution devices design are presented. The basic regularities of granules motion in the vortex gas flow are described.

Ключові слова: вихровий гранулятор, класифікація, сепарація, експеримент

Серед різноманіття способів інтенсифікації теплообміну закрутка потоків робочих середовищ є одним з найбільш простих і поширених способів. Це пов'язано з тим, що застосування закручених потоків призводить до поліпшення ефективності тепломасообмінних процесів, вирівнюванню температурних нерівномірностей і стабілізації течій.

Важливими задачами, які потребують вирішення на етапі моделювання процесу гранулювання у вихрових апаратах, є:

- закономірності класифікації гранул в робочому просторі гранулятора;
- механізми сепарації дрібних гранул.

Мета роботи - вивчення гідродинаміки вихрових потоків в малогабаритних апаратах при проведенні процесів сепарації та класифікації гранул.

Гранулятори з постійною площею поперечного перерізу не забезпечують в повній мірі процеси класифікації гранул та сепарацію нетоварної фракції в об'ємі гранулятора. Це пояснюється тим, що в робочому просторі вихрового гранулятора зберігається постійність висхідної швидкості газового потоку, яка відповідає робочій швидкості руху гранули (або фракції гранул у вузькому діапазоні). Проводити процеси класифікації гранул в апаратах з постійною площею поперечного перерізу можливо у разі введення газу до апарату кількома потоками з розташуванням місць введення на різних висотних позначках. Такий спосіб класифікації є досить енергоємним та широкого застосування не набув.

Значно більш ефективним методом класифікації твердої фази є використання апаратів із змінною площею поперечного перерізу робочого простору [1]. Завдяки створенню в об'ємі апарату полів складових швидкості руху газового потоку по висоті гранулятора створюються різні гідродинамічні умови для руху гранул. За висотою апарату відбувається розподіл гранул за різного діаметру (за умов, що класифікуються гранули з одного матеріалу) або різної маси (в умовах створення гранул пористої структури або багат шарових гранул) (рис. 1). Це дозволяє не тільки отримати продукт заданої якості, але й при одночасному проведенні сепарації і гранулюванні змінювати умови гранулоутворення.

В ході проведення експерименту було досліджено такі випадки:

- рух гранул різного розміру, які одержано з одного матеріалу;
- рух гранул різного матеріалу та однакового розміру;
- рух гранул різної форми і широкого фракційного складу.

Для проведення експериментальних досліджень використано дослідні стенди з перфорованими газорозподільними пристроями (рис. 2) і щільним газорозподільним пристроєм (рис. 3).

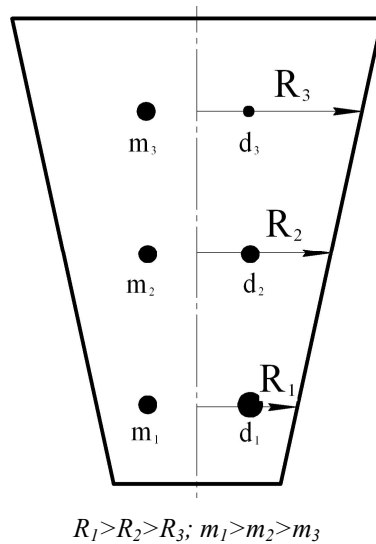
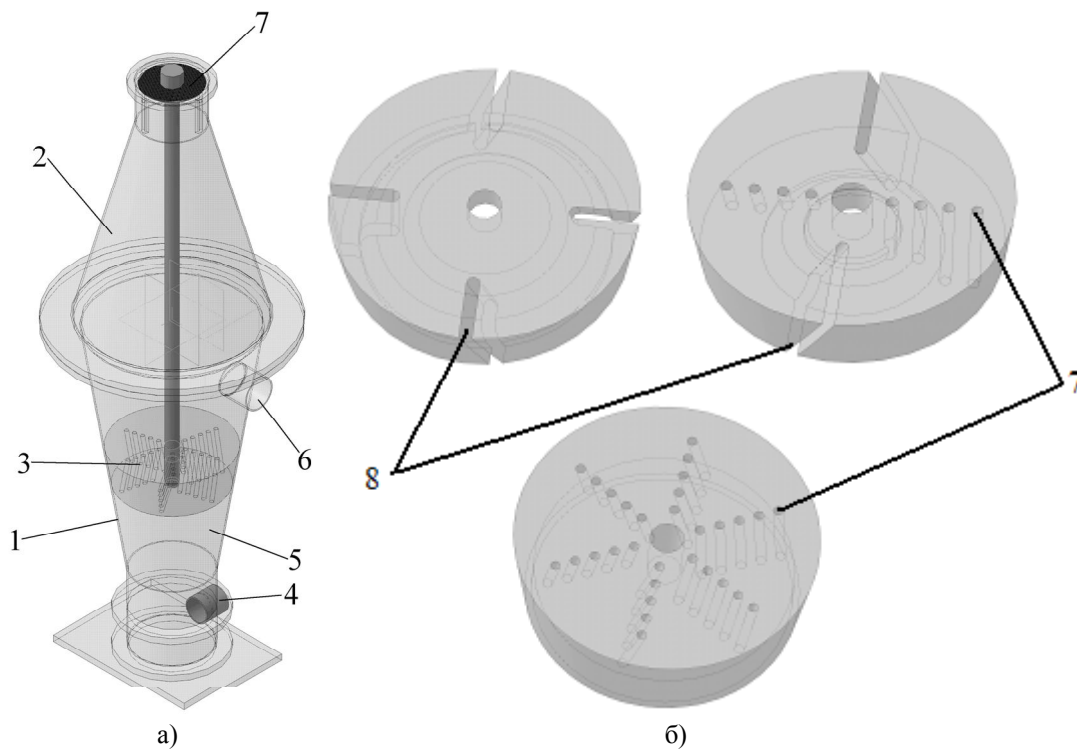


Рисунок 1 — Розподіл гранул за розмірами і масою в робочому просторі вихрового гранулятора



1 – робочий простір гранулятора; 2 – зона сепарації; 3 – газорозподільний пристрій; 4 – введення газового потоку; 5 – зона перерозподілу газового потоку; 6 – відведення дрібних гранул; 7 – отвори перфорації газорозподільного пристрою; 8 – похилі щілини перфорації газорозподільного пристрою

Рисунок 2 — Експериментальний стенд вихрового гранулятора (а) з різними типами перфорованих газорозподільних пристроїв (б)

Результати проведених експериментальних досліджень виявили наступні закономірності руху гранул у робочому просторі вихрового гранулятора:

1. У всіх випадках гранули рухаються по спіралеподібній траєкторії, радіус якої зменшується по мірі збільшення висоти робочого простору вихрового гранулятора або збільшення витрати газового потоку.

2. Класифікація гранул за розмірами відбувається на визначеній ділянці робочого простору вихрового гранулятора відповідно до умов рівності сил тяжіння та аеродинамічного опору. При цьому гранули

одного розміру (полідисперсна система одного фракційного складу) займають певний діапазон висот, що пояснюється незначною зміною площі перерізу робочого простору гранулятора при невеликому куті розкриття його робочого простору. Для зосередження гранул одного розміру на визначеній висоті апарату необхідно значно збільшити кут розкриття конусу.

3. Для гранул різної маси фізична картина руху і класифікації є подібною до руху полідисперсної системи.

4. Формування вихрового зваженого шару в апаратах з перфорованим (рис. 2) і щілинним (рис. 3) газорозподільним пристроєм дещо відрізняються: в першому випадку вихровий зважений шар формується на деякій висоті від газорозподільного пристрою, у другому – безпосередньо над газорозподільним пристроєм. Це пояснюється особливістю конструкції направляючого елементу газорозподільних пристроїв, які формують закручений газовий потік.

5. Сепарація дрібних або найлегших гранул

6. Конфігурація вихрового зваженого шару (крок спіралі, кількість спіралей, радіус спіралі) регулюється зміною кута розташування отворів перфорованого газорозподільного пристрою або кута нахилу лопаток щілинного газорозподільного пристрою.

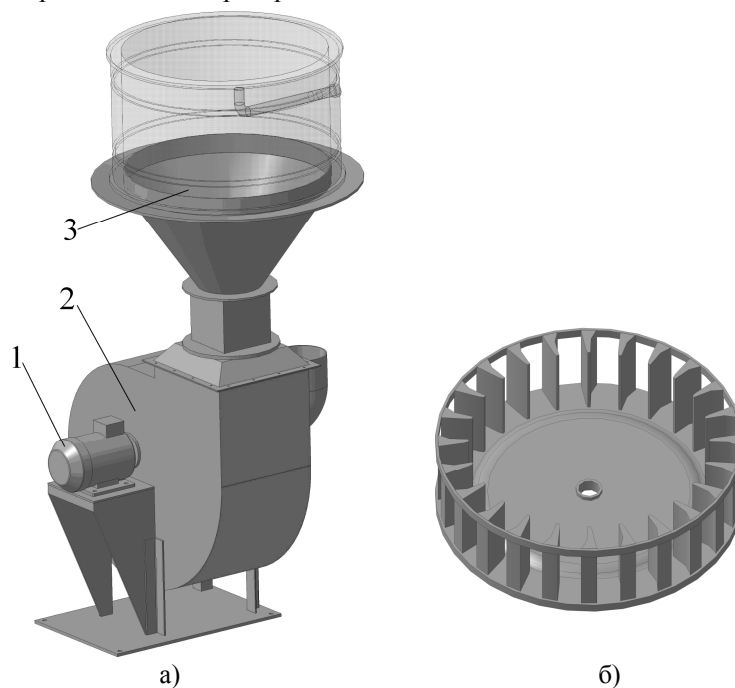


Рисунок 3 — Експериментальний стенд вихрового гранулятора (а) з щілинним газорозподільним пристроєм (б)

Результати експериментальних досліджень, наведених у роботі, покладені в основу інженерного розрахунку вихрових грануляторів. Стає можливим прогнозування траєкторії руху гранул у робочому просторі апарату і підбір оптимального часу перебування дисперсної фази залежно від технічного завдання на проектування [2]. Інженерний розрахунок обладнання такого типу базується також на результатах комп'ютерного моделювання [3] і дослідно-промислових випробувань [4].

Література

1. Artyukhov A.E. Vortical type granulators in the chemical industry // Materials of scientific conference, staff and students of SSU, 2006, part 2, pp. 32-33.
2. Artem Artyukhov. The influence of the work space design of the vortex granulator on the nature of the granules movement // Chemistry and Chemical Technology: Proceedings of the 3rd International Conference of Young Scientists CCT-2013, 2013, pp. 174-175.
3. Artem Artyukhov. Computer simulation of vortex flow hydrodynamics // Journal of Manufacturing and Industrial Engineering, 2013, vol.12(3-4), pp. 25-29.
4. Vsevolod Sklabinskyi, Artem Artyukhov, Nikolay Kononenko. Environmental aspects implementation of high-granulation equipment for the production of nitrogen fertilizers // International Journal of Sustainable Development, 2013, vol. 13, pp. 10-16.